

**Annuario
della Specola Cidnea
“Angelo Ferretti Torricelli”
per l’anno 1995**



**Comune di Brescia
Assessorato alla Cultura
Civici Musei di Scienze**

LE STELLE NOVAE

Accolgo volentieri l'invito di scrivere una breve nota sulle stelle Novae fattomi pervenire (a tempo di record) dall'U.A.B. L'occasione è particolarmente suggestiva per gli appassionati bresciani di astronomia. Esattamente 20 anni fa un attivo gruppo di astrofili bresciani (Gruppo Astrofili Villaggio Sereno, se non ricordo male) scopriva, in modo indipendente da altri osservatori, una delle stelle novae più brillanti mai apparse in cielo: Nova Cyg 1975. Dal mio personale punto di vista non potrei trovare un'occasione più favorevole di questa per parlare di stelle Novae. Mi trovo infatti allo Space Telescope Institute di Baltimore, proprio per studiare alcune novae galattiche. Come se non bastasse è di queste ore la scoperta (ad opera di un astrofilo giapponese) di una nuova 'nova' galattica: Nova Cas 1995. Questo ultimo avvenimento mi dà la possibilità di illustrare come l'astronomia osservativa sia evoluta negli ultimi 20 anni non solo dal punto di vista strumentale, ma per così dire, anche operativo. La notizia dell'avvenuta scoperta di una probabile nova nella costellazione della Cassiopea si è diffusa dal Giappone via Internet, e sempre via Internet è stato possibile coordinare, praticamente in tempo reale, le osservazioni spettroscopiche con il telescopio di 1.8m dell'Osservatorio di Asiago. Le stelle novae nella loro salita al massimo e durante il primo declino spesso evolvono rapidissimamente con tempi scala tipici inferiori al giorno. Si comprende quindi l'importanza del fattore tempo nel condurre osservazioni astronomiche di questo tipo. Ma procediamo con ordine. Nel testo che seguirà cercherò di rispondere in modo sintetico alla domanda: *Perché una stella Nova esplode?*

Le stelle 'Novae' costituiscono una cospicua sottoclasse delle cosiddette variabili cataclismiche. Tali variabili sono sistemi binari normalmente formati da una nana bianca, avente una massa confrontabile con quella del Sole, e da una stella di bassa sequenza, tipicamente una nana di tipo spettroscopico M e massa non superiore alle 0.5 masse solari. Quando la secondaria (la stella di piccola massa) ha riempito, per ragioni evolutive,

il proprio *lobo di Roche*, ha inizio il trasferimento di materiale (tipicamente idrogeno) dalla stella di piccola massa sulla superficie della nana bianca. L' idrogeno una volta fuoriuscito dal punto lagrangiano interno non cade direttamente sulla nana bianca, ma forma attorno ad essa, per viscosità, un disco, il cosiddetto 'disco di accrescimento'. Solo successivamente l'idrogeno si staccherà dal disco per cadere (per gravità) sulla superficie della stella compatta.

La continua caduta di materiale sulla superficie della nana bianca provoca il progressivo riscaldamento del gas accresciuto. Per un gas perfetto costituito da n particelle per unità di volume aventi peso molecolare μ l'equazione di stato è esprimibile come: $P = nkT = (R/\mu)\rho T$. Questa espressione esprime il semplice fatto che quando un gas perfetto viene riscaldato la sua pressione aumenta. Il gas quindi tende ad espandersi e successivamente a raffreddarsi. Nel caso di una stella nova l'accrescimento avviene in un ambiente che non è quello di un gas perfetto. Una nana bianca infatti, a causa dell'altissima densità, è costituita da gas degenerare o quasi completamente degenerare. In questo caso l'equazione di stato del gas ha una forma completamente diversa, del tipo $P \sim \rho^m$ in cui la dipendenza dalla temperatura finisce con lo scomparire man mano che il grado di degenerazione del gas aumenta ($m = 4/3$ e $5/3$ a seconda che il gas sia o non sia relativistico). Con linguaggio non propriamente corretto, ma probabilmente più efficace, possiamo dire che la pressione del gas 'sente' la variazione di temperatura tanto meno quanto più alto è il grado di degenerazione del gas. La temperatura alla base dello strato accresciuto può allora continuare ad aumentare senza per questo innescare l'espansione del gas che porterebbe al suo raffreddamento. Quando la temperatura ha raggiunto i 4-5 milioni di gradi e la pressione alla base dell'involuppo $\approx 10^{19}$ dina cm⁻² sono verificate le condizioni per l'innescare delle reazioni termonucleari che avvieranno l'eiezione del materiale accresciuto.

Normalmente tutto il gas caduto sulla superficie della nana bianca (ma probabilmente qualcosa di più) viene eiettato nello spazio circostante. La massa dell'involuppo espulso è dell'ordine delle $10^{-4} \div 10^{-5}$ masse solari con tipiche velocità di espansione di 1000÷2000 km al secondo. Poiché la massa della nana bianca è dell'ordine di circa 1 massa solare con un

raggio tipico di circa 10000 km, é facile verificare come il fenomeno nova sia tutt'altro che catastrofico per la stella. Questo é l'esatto contrario di quanto avviene in una Supernova dove la stella progenitrice viene completamente distrutta (supernovae di tipo Ia) o dove al posto del progenitore massiccio rimane un nucleo iperdenso (supernovae di tipo II), tipicamente una pulsar o un buco nero. Una nova invece, dopo un periodo di tempo dell'ordine dei centomila anni (a rigore l'intervallo di tempo tra due successive esplosioni é inversamente proporzionale alla massa della nana bianca), avrà accumulato sufficiente materiale per innescare una nuova esplosione. Si stima che una nova possa attraversare nel corso della sua vita circa 10000 eventi esplosivi. Sebbene la struttura della nana rimanga praticamente inalterata, l'emissione di energia che accompagna l'esplosione di una nova, circa 10^{45} erg, è comunque imponente se confrontata con gli standards 'umani'. Al massimo di luce una tipica nova galattica assume una magnitudine assoluta nel visuale di circa -7.5 che in termini di luminosità equivale a circa centomila volte la luminosità del Sole. L'aumento di luminosità medio in termini di magnitudini è invece di 10-12. Quest'ultimo fatto spiega l'origine del nome di 'stella nova' attribuito dagli antichi a fenomeni di questo tipo. Come é noto un occhio umano ben allenato é in grado di scorgere in cielo stelle fino alla sesta ÷ settima magnitudine. Consideriamo ora un progenitore di nova di magnitudine apparente $+11$, quindi ben al di fuori delle possibilità osservative degli astronomi dell'era pre-galileiana (pre-telescopica). Al massimo di luce tale stella avrebbe probabilmente assunto una magnitudine apparente compresa tra -1 e $+1$, risultando quindi ben visibile ad occhio nudo. Poichè la salita al massimo è normalmente molto rapida, meno di un giorno, l'esplosione di una stella nova veniva testimoniata dalla improvvisa comparsa in cielo di una 'nuova' stella laddove l'occhio umano prima non vedeva nulla.

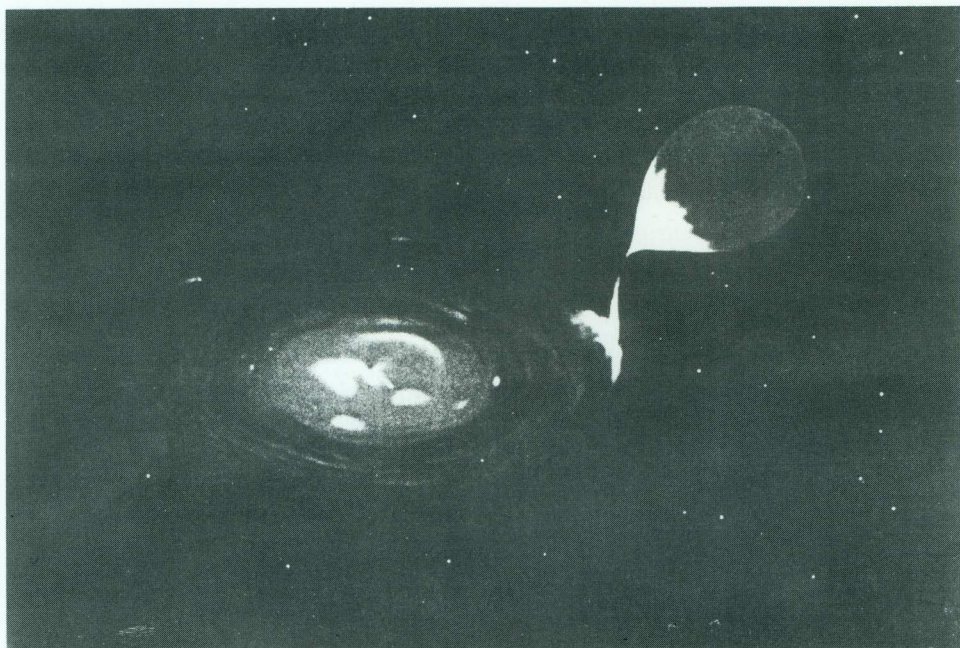
Tutte le novae galattiche meglio studiate hanno esibito durante la loro evoluzione fotometrica e spettroscopica gradi di individualità estremamente marcati. A questa regola non fa eccezione nemmeno Nova Cyg 1975. Anzi, oggi siamo in grado di dire che nova Cyg 1975 é stata probabilmente la nova galattica 'intrinsecamente' più brillante mai osservata dall'uomo dai tempi di nova CK Vul 1670. Al massimo Nova

Cyg 1975 raggiunse, nel visuale, una magnitudine di ≈ -10 , corrispondente a ≈ 1 milione di volte la luminosità del Sole. Poiché la magnitudine assoluta del progenitore era di $\approx +9$, dobbiamo inferire che nova Cyg 1975 subì un aumento di luminosità corrispondente a ≈ 20 magnitudini, una variazione assolutamente straordinaria quando confrontata con le variazioni medie di 10–12 magnitudini normalmente osservate nelle altre novae galattiche. Dal punto di vista spettroscopico le velocità di eiezione, misurate attraverso l'effetto Doppler esibito da determinate righe (dell'idrogeno in particolare), furono straordinariamente elevate, dell'ordine dei $5000 \div 6000$ km al secondo. Nel loro insieme questi fatti possono essere il risultato di una o più violentissime esplosioni termonucleari avvenute sulla superficie di una nana bianca molto massiccia, probabilmente vicina alle 1.2–1.3 masse solari (non lontano quindi dalla 'massa di Chandrasekhar').

Le stelle novae forniscono un laboratorio naturale, ideale per lo studio dell'accrescimento su oggetti compatti. Infatti, per le condizioni estreme in cui questi fenomeni avvengono, sperimentazioni di questo tipo non sono spesso (quando non lo sono del tutto) praticabili nei nostri laboratori. Tuttavia esiste un secondo aspetto per il quale lo studio delle novae risulta fecondo di interesse. La loro luminosità al massimo le rende più brillanti delle più luminose cefeidi, rendendole quindi potenti indicatori di distanza, efficaci nel misurare le distanze cosmiche. Non mi sembra lontano il giorno in cui potremo misurare il valore della costante di Hubble studiando le proprietà delle novae in sistemi extragalattici posti aldilà del *Virgo Cluster*.

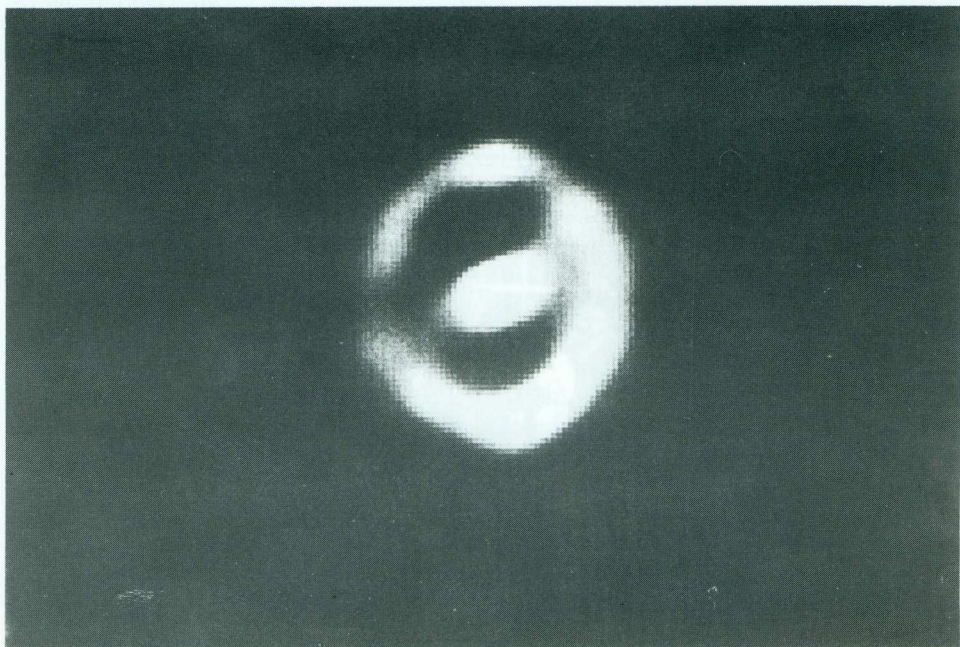


Massimo Della Valle



Modello di nova: in alto destra la secondaria che ha riempito il lobo di Roche; in basso a sinistra la nana bianca con attorno il disco.

Model of nova: the top right image shows the secondary star that has filled in the Roche lobe; on the bottom left the white dwarf surrounded by the disc.



Nova Cygni 1992. Immagine ottenuta allo Space Telescope. Al centro c'è la nana bianca. L'anello esterno è la "shell" di gas eiettata.

Nova Cigny 1992. The image was taken by the Hubble Space Telescope. The star near the center of the image is the nova. The external ring is the "shell" of gas eietted by the nova during the out burst.